PUBLICACION Nº 19

OBSERVACIONES PRELIMINARES SOBRE LA MORTALIDAD DEL CIPRES (*Austrocedrus chilensis*) EN LOS BOSQUES PATAGONICOS

Edith Varsavsky
Lina Bettucci
Daniel Rodríguez García
Carlos Gómez

FUNDACION BARILOCHE
Departamento de Recursos Naturales y Energía
Casilla de Correo 138
San Carlos de Bariloche
Prov. de Río Negro
Argentina
1975

INTRODUCCION

Los cipreses *Austrocedrus chilensis* (D. Don - Florin et Boutleje) cuya distribución geográfica está restringida a la zona septentrional del sur cordillerano, se extienden desde los 37° 45' de latitud sur (Cajón de los Trolopes) o 38° 30' (Margen del Río Corcovado) hasta los 43° 35' de latitud sur (Cuenca del Río Agrio), constituyendo una masa boscosa de excelentes fustares. Esta especie nativa que coexiste con otras especies arbóreas y arbustivas, abarca de este a oeste desde el límite del desierto patagónico, como grupos aislados, hasta la baja montaña donde forma densas masas boscosas (1) (2). Su madera tiene múltiples usos, fundamentalmente como madera de obra, en especial en la zona de los lagos patagónicos.

Hace aproximadamente 30 años se observó un deterioro en los cipresales de Bahía Piedras Blancas (Isla Victoria). En la actualidad el foco principal de la enfermedad se presenta en el Bolsón y zona de Bariloche, dándose en forma aislada o en manchones en todos los cipresales (3). Esta enfermedad es un problema grave para los Parques Nacionales y reservas boscosas por su valor económico y su significado ecológico.

No es sorprendente que un fitopatógeno -hongo- sea el organismo causal de esta enfermedad. Existen en otras especies forestales, ejemplos bien conocidos de alteraciones causadas por infecciones fúngicas, con mecanismos obviamente diferentes, dependiendo de las especies forestales y de los patógenos interactuantes (7) (8) (9) (10).

A los efectos de aclarar las causas de esta enfermedad se efectuaron:

a) Observaciones en las distintas zonas donde aparece la enfermedad para recoger muestras de raíces, madera de fuste, ramas, hojas de plantas sanas y enfermas.

b) Descripciones, en base al conjunto de plantas enfermas observadas, de los síntomas que, si bien no pueden seguirse en una única planta a lo largo del tiempo, pueden sintetizarse de la observación del estado diferencial del grado de enfermedad. Esto permitirá caracterizar la enfermedad y detectar, en base a ciertos factores índice, los árboles enfermos antes que se presenten totalmente muertos.

c) Aislamientos de las partes que presentan alteraciones para determinar el organismo o agente causal y estimar su acción.

SINTOMATOLOGIA

Esta enfermedad puede caracterizarse, en términos generales, como un marchitamiento y ulterior defoliación del árbol concluyendo con la muerte del mismo.

En los individuos de un cipresal -los que oscilaban entre los 30 y 150 años de edad- se ha observado que existen distintos grados de ataque aún en los árboles de la misma edad. Los grados de ataque que se observan varían desde incipiente hasta la muerte total de los árboles.

La enfermedad se presenta con una decoloración del follaje, pasando del verde oliváceo, gris ceniciento, al amarillo castaño opaco, siguiendo la nomenclatura de Maertz & Paul (5) y finalmente se seca. En general, las ramas superiores conservan el follaje verde por más tiempo, tal vez por ser las más jóvenes.

Las raíces de los árboles, total o parcialmente secos poseen, en la zona próxima al cuello, una podredumbre castaña cúbica (Foto 1). El micelio que se observa en dichas raíces es el mismo que presentan las raíces más profundas de mucho menor diámetro. Esto va acompañado por una exudación resinosa de color ambar transparente que luego se torna blanca y opaca, de aspecto calcáreo, a medida que se seca. Aparentemente, dado que pudo comprobarse en un solo caso, las exudaciones llegan hasta el límite de invasión de la podredumbre de la albura (Foto 2).

En una gran cantidad de árboles con marchitamiento del follaje se observó la aparición de líquenes en la corteza del fuste. No se puede explicar aún este fenómeno.

El suelo que rodea a los individuos atacados muestra manchones castaño amarillentos que forman "grumos" con micelio y fructificaciones de los cuales se efectuaron aislamientos.

En base a las observaciones efectuadas hasta el momento, el marchitamiento del follaje y el vuelco eventual, ulterior del árbol se deben a los ataques por parte de un fitopatógeno, que deteriora y debilita el aparato radicular con las consecuencias de tal causa.

En algunos casos el aparato radicular está muy deteriorado y el árbol cae a pesar de tener el follaje verde y en otros el árbol permanece en pie hasta que el follaje se seca paulatinamente. Es probable que colaboren en la rápida caída del árbol, condiciones tales como vientos fuertes y lluvias. Cuando cae puede hacerlo sin arrastrar un terrón muy grande de tierra, debido a que las raíces están completamente alteradas.

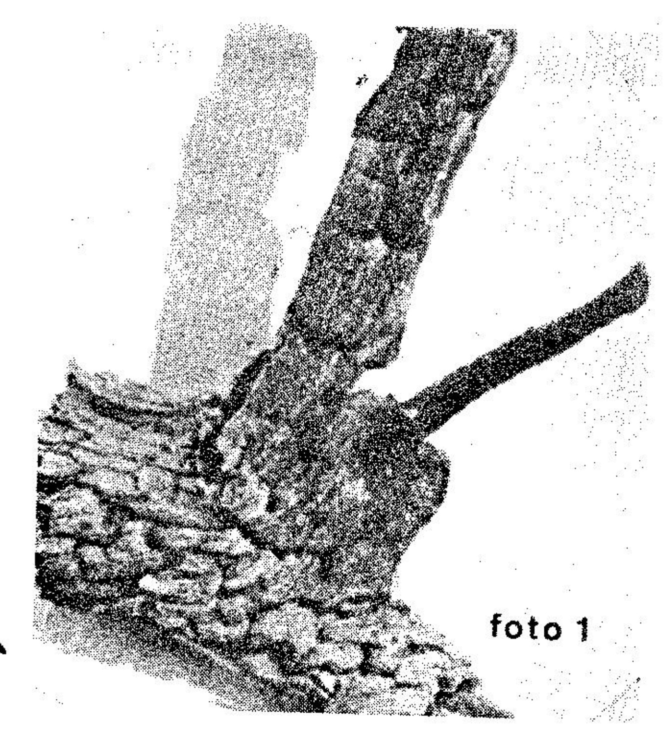


Foto 1
Raíz con podredumbre cúbica castaña

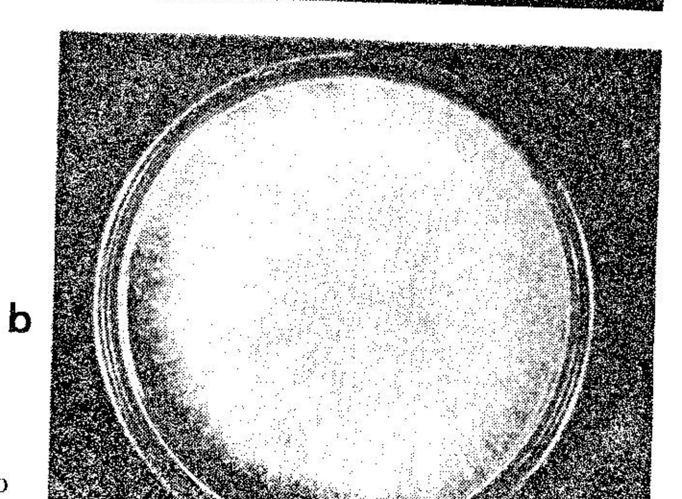
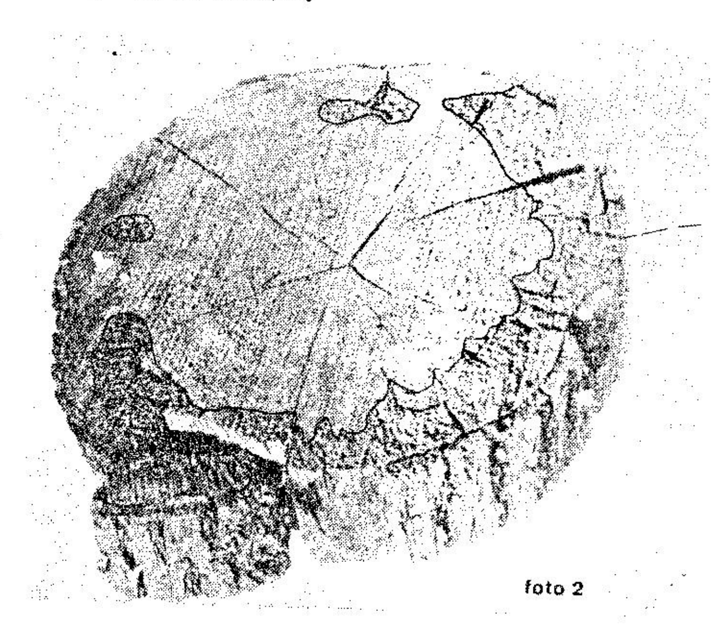


Foto 3
Aspecto de la colonia del hongo en cultivo puro.

Foto 2
Torta con podredumbre cúbica castaña en la albura.



MATERIAL Y METODO

De las observaciones efectuadas en las distintas partes del árbol se dedujo que la causa de la enfermedad se localizaba presumiblemente, en las raíces.

A tal efecto, se tomaron muestras de raíces de distintos diámetros (1-2 mm a 5-10 cm), desde 20 a 60 cm de profundidad tanto de árboles recién descalzados, en torno a árboles en pie, como también de suelo próximo y alrededor de las raíces.

Las muestras de raíces y de suelo se colocaron en bolsas de polietileno.

Se recogieron también muestras de ramas de distintos diámetros, hojas y tortas de madera de árboles sanos, enfermos y totalmente secos.

El material fresco de raíces en putrefacción con micelio fue observado en preparaciones montadas con KOH al 10% y coloreado con floxina al 5%. Otros fueron montados con lactofenol azul de algodón.

Se realizaron cultivos de trozos de madera de raíz podrida con micelio, de micelio que se desarrollaba en las bolsas (que actuaron como cámaras húmedas) y de suelo que contenía madera muy degradada formando "grumos". Los medios de cultivo utilizados fueron: agar papa glucosado, agar Sabouraud y agar malta al 2,5%. En otros casos se prepararon cámaras húmedas en cajas de Petri a los efectos de permitir el desarrollo del micelio.

Los aislamientos puros se repicaron a tubo de ensayo en medio de agar malta al 2,5%.

Se efectuó el estudio de los cultivos según el método de M.K. Nobles (4).

MATERIAL OBSERVADO

El material observado fue el siguiente:

FB1. Cultivo N° 1. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal)
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíz gruesa en putrefacción. Obs.: Arbol con follaje totalmente seco, algunas raíces sanas. Exudación resinosa. Tierra alrededor de las raíces color gris; cultivo N° 2.

FB2. Cultivo N° 3. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal)
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces aparentemente sanas. Obs.: Arbol semiseco, viejo, sólo ramas altas con follaje. Exudación resinosa.

FB3. Cultivo N° 4. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces gruesas "blandas". Obs.: Arbol con pocas ramas bajas, sin follaje. Follaje sólo en el extremo superior del árbol. Exudación resinosa. Tierra alrededor de las raíces, de color gris.

FB4. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces semi podridas con micelio blanco. Obs.: Arbol de gran altura, fuste delgado, casi seco salvo en el extremo superior. Exudación resinosa. Tierra alrededor de las raíces, color gris.

FB5. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio abundante. Obs.: Arbol a medio secar. Exudación resinosa.

FB6. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio. Obs.: Arbol a medio secar, corteza del fuste con grandes manchas de aspecto calcáreo.

FB7. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio. Obs.: Arbol a medio secar, aparentemente más sano que el FB6. Abundante exudación resinosa.

FB8. Arg. R.Negro, Bariloche (Melipal).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña, sin micelio aparente. Obs.: Arbol a medio secar. Abundante exudación resinosa.

FB9. Cultivo N° 5. Arg. R.Negro, Bariloche -Camino del Faldeo, Km. 6,5- (Mallín). Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña, abundantes cordones micelianos. Obs.: Arbol muerto, caído (descalzado), tiempo antes de la observación.

FB10. Cultivo N° 6. Arg. R.Negro, Bariloche (Llao-Llao).
Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio abundante. Obs.: Arbol en pie de gran diámetro a medio secar, partido longitudinalmente. Exudación resinosa.

FB11. Arg. R.Negro, Bariloche (Llao-Llao).
Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio abundante. Obs.: Arbol pequeño, en pie a medio secar. Exudación resinosa.

FB12. Arg. R.Negro, Bariloche (Camino del Faldeo, Km. 6,5) (Mallín). Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces muy humedecidas sin alteración. Obs.: Arbol viejo. Tierra alrededor de las raíces, muy húmeda.. Exudación resinosa.

FB13. Arg. R.Negro, Bariloche (Camino del Faldeo, Km. 6,5) (Mallín). Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces en putrefacción. Obs.: Arbol viejo, seco, corteza desprendida. Exudación resinosa.

FB14. Arg. R.Negro, Bariloche (Camino del Faldeo, Km. 6,5) (Mallín). Leg.: E. Varsavsky. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces gruesas, duras con micelio. Obs.: Arbol seco, exudación resinosa.

FB15. Arg. Chubut, Estación Forestal San Martín. Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña, sin micelio aparente. Obs.: Arbol recién caído (descalzado) con follaje. Raíces con carpóforo de Basidiomycetes resupinado con himenóforo liso. Exudación resinosa.

FB16. Arg. Chubut, Estación Forestal San Martín. Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces muy degradadas con podredumbre cúbica castaña, sin micelio aparente. Obs.: Arbol caído (descalzado) seco. Exudación resinosa.

FB17. Arg. Chubut, Estación Forestal San Martín. Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio. Obs.: Raíces obtenidas del hueco dejado por árbol caído (descalzado). Exudación resinosa.

FB18. Arg. Chubut, Estación Forestal San Martín. Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio. Obs.: 2 árboles caídos próximos con follaje. Exudación resinosa.

FB19. Arg. Chubut, Bolsón (Balcón valle del río Azul). Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíz con podredumbre castaña cúbica sin micelio aparente. Obs.: Arbol recientemente talado con podredumbre cúbica castaña en duramen de cepa.

FB20. Arg. Chubut, Estación Forestal San Martín. Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, muestras de torta de madera con micelio y carpóforos resupinados de Basidiomycetae con himenóforo liso, igual al observado en FB15. Obs.: Raíces con podredumbre cúbica castaña con micelio.

FB21. Cultivo Nº 7. Arg. Chubut, Estación Forestal San Martín.
Leg.: L. Bettucci, E. Varsavsky. VIII/74. Sustrato: A.chilensis, raíces pequeñas, 1-2 mm y grandes 5-10 cm con podredumbre castaña cúbica con micelio abundante. Obs.: Arbol muerto (descalzado) de tiempo atrás. Aislamiento efectuado de raicillas muy profundas y pequeñas.

FB22. Arg. R. Negro, Isla Victoria (P. Piedras Blancas).
Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces aparentemente sanas. Obs.: Grupos de árboles secos y a medio secar con exudación resinosa.

FB23. Arg. R. Negro, Isla Victoria (Puerto Totora).
Leg.: E. Varsavsky, D. Rodríguez. X/74. Sustrato: A.chilensis, raíces aparentemente sanas. Obs.: Grupo de árboles sanos y a medio secar.

RESULTADOS

La comparación del follaje y ramas de árboles sanos y enfermos indica la ausencia de un agente causal biótico o abiótico; por lo tanto, es de suponer que la enfermedad no se origina en esas partes.

La observación de las raíces muestra la presencia de podredumbre cúbica castaña en su madera, en casi todos los árboles enfermos o totalmente secos.

Teniendo en cuenta estas observaciones se estudiaron y describieron muestras de raíces con diámetro de 1-2 mm hasta 5-10 cm que presentaban podredumbre cúbica castaña con micelio.

Características microscópicas: madera totalmente desorganizada, con porciones de pared de los elementos estructurales destruidas e invadidas por: a) micelio formado por hifas hialinas de paredes delgadas, de color amarillento que se colorea bien con floxina, con contenido gutular, con abundantes incrustaciones cristalinas que se disuelven con KOH al 10%, con fíbulas verticiladas; ramificadas de 2,5 - 4 µ de diámetro. Las hifas que invaden la madera son muy ramificadas y de diámetro algo menor; b) cordones hifales ramificados de 10 a 50 µ de diámetro formados por hifas hialinas de paredes más o menos gruesas de color amarillento, cuyo contenido se colorea escasamente con floxina, ramificadas, muy entrelazadas, con abundantes incrustaciones cristalinas que se disuelven con KOH al 10% de 5-7 µ de diámetro; c) hifas de color amarillo castaño, de paredes más o menos gruesas, cuyo contenido no se colorea con floxina, ramificadas, con incrustaciones cristalinas que se disuelven con KOH al 10%, con fíbulas

verticiladas y septas simples de 2,5 μ de diámetro; d) pocas hifas hialinas de paredes delgadas cuyo contenido se colorea bien con floxina, ramificadas, con fíbulas verticiladas de 2,5 - 3,5 μ de diámetro.

Caracteres culturales de los aislamientos:

I - Caracteres de crecimiento: El crecimiento de la colonia es rápido, cubre la caja entre 1-2 semanas. La zona de crecimiento está definida por un margen regular de micelio aéreo, afelpado, de color blanco, que llega hasta el límite de crecimiento. El resto del micelio es afelpado-algodonoso, blanco, haciéndose de color de crema (PL 9: G-2) claro hacia el inóculo. Luego toda la colonia se hace amarillo castaño (PL 12 : H-6) (5). Sin olor característico. El reverso de la colonia no cambia tomando en las últimas semanas el color de la mata miceliana (Foto 3).

Los cultivos dan reacción negativa para oxidasas extracelulares en medio de cultivo con ácido gálico y tánico.

II - Caracteres microscópicos: Zona de crecimiento: a) hifas hialinas de paredes delgadas cuyo contenido se colorea bien con floxina, algunas con contenido gutular, ramificadas, con fíbulas verticiladas, con abundantes incrustaciones cristalinas que se disuelven en KOH al 10% de 2,5 - 5 μ de diámetro; b) hifas de paredes delgadas de color amarillento cuyo contenido irregular se colorea escasamente con floxina, poco ramificadas, con abundantes incrustaciones cristalinas que se disuelven en KOH al 10%, con fíbulas verticiladas de 5 - 7 μ de diámetro (Fig. 1).

Micelio aéreo: a) escasas hifas hialinas del tipo (a) mencionadas para la zona de crecimiento; b) abundantes hifas semejantes a las del tipo (b) de la zona de crecimiento, pero de mayor diámetro (7 - 10 μ); c) hifas sin contenido o con escaso contenido, de paredes delgadas, ramificadas, con fíbulas verticiladas, algunas con septas simples, con abundantes incrustaciones cristalinas que se disuelven en KOH al 10%, de 2,5 - 7,5 μ de diámetro; d) haces de 20-25 μ de diámetro de hifas apretadas cuyo contenido se colorea escasamente con floxina, de paredes delgadas, amarillentas, ramificadas (las ramificaciones son cortas y entrelazan a las hifas) con abundantes incrustaciones cristalinas que se disuelven en KOH al 10%; con septas simples y fíbulas verticiladas de 2,5 - 3,5 μ de diámetro (Fig. 2).

Micelio sumergido: a) hifas hialinas de paredes delgadas cuyo contenido se colorea escasamente con floxina, algunas se colorean bien, muy ramificadas, con septas simples, sin incrustaciones cristalinas, de 2-3 μ de diámetro (Fig. 3).

- Es importante hacer notar que en los distintos aislamientos realizados no se observaron hongos que frecuentemente colonizan maderas en el suelo. Los únicos contaminantes observados fueron bacterias.

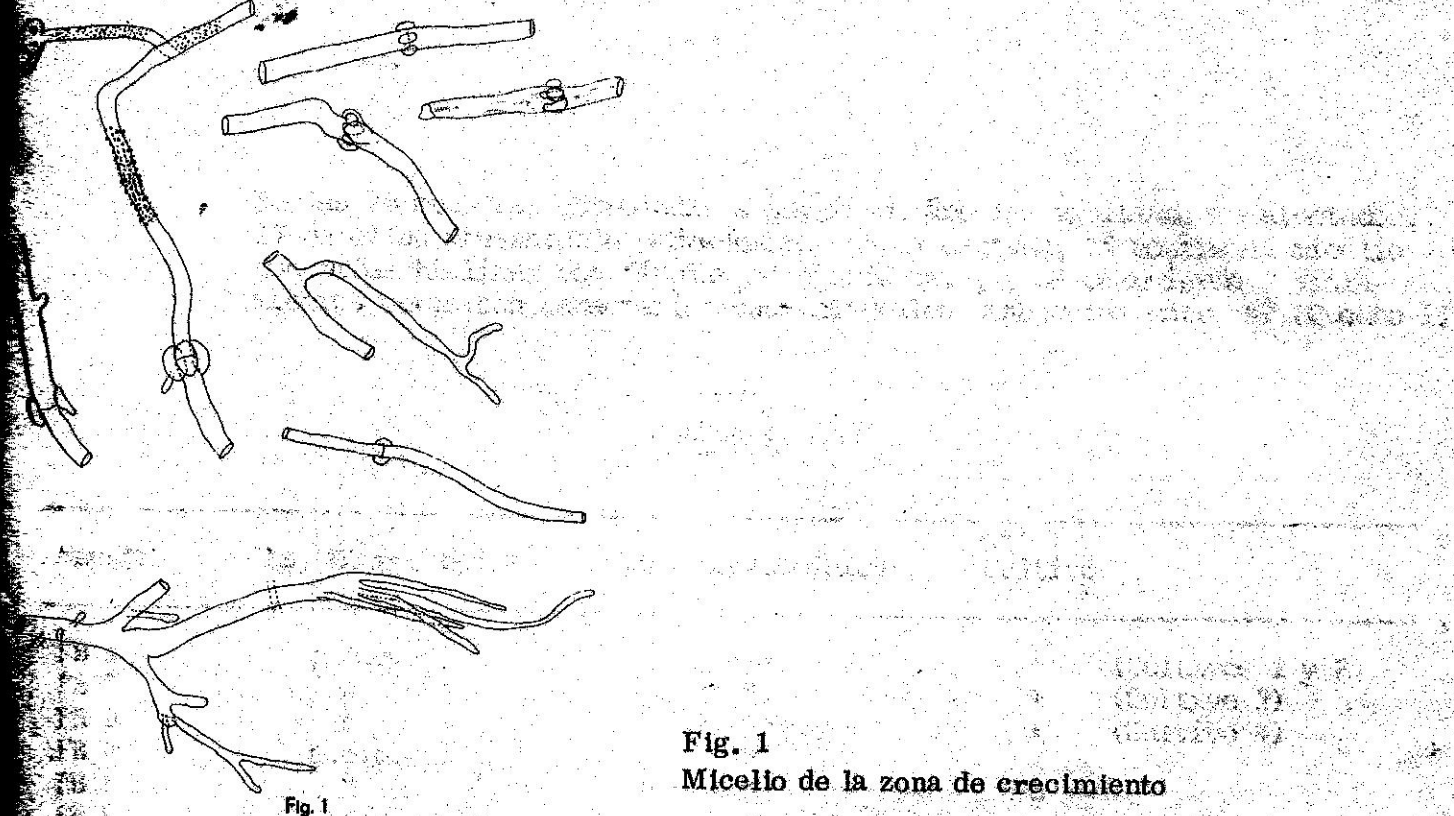


Fig. 1
Micelio de la zona de crecimiento

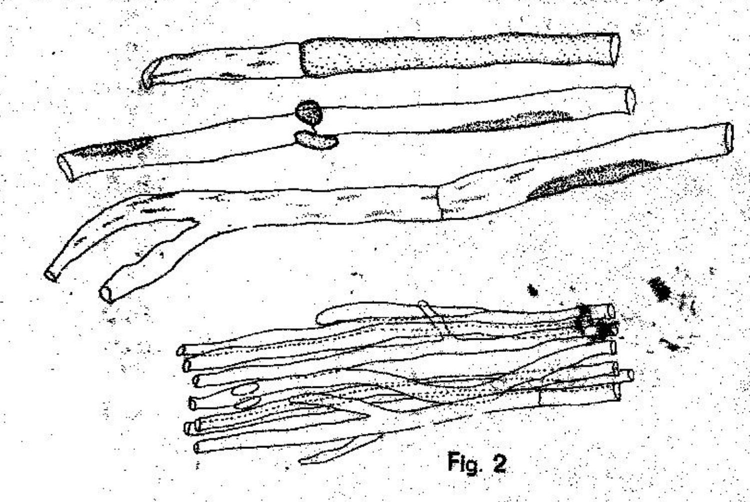


Fig. 2
Micelio aéreo

Fig. 3

Fig. 3
Micelio sumergido

De las 23 muestras estudiadas a partir de árboles visiblemente afectados, 17 de ellas presentaban podredumbre cúbica castaña, 15 mostraban micelio con hifas hialinas con fíbulas, al microscopio, y se obtuvieron 7 aislamientos puros con características culturales semejantes entre sí (Cuadro 1).

CUADRO 1

Muestra	Obs. Macroscópica	Obs. microscópica	Cultivo	
FB 1	p.c.c.	c.m.	+	(Cultivos 1 y 2)
FB 2	s	"	+	(Cultivo 3)
FB 3	s	"	+	(Cultivo 4)
FB 4	p.c.c.	"	-	
FB 5	"	"	-	
FB 6	"	"	-	
FB 7	"	"	-	
FB 8	"	s.m.	-	
FB 9	"	c.m.	+	(Cultivo 5)
FB 10	"	"	+	(Cultivo 6)
FB 11	"	"	-	
FB 12	s	s.m.	-	
FB 13	p.c.c.	"	-	
FB 14	s	c.m.	-	
FB 15	p.c.c.	s.m.	-	
FB 16	"	"	-	
FB 17	"	c.m.	-	
FB 18	"	"	-	
FB 19	"	s.m.	-	
FB 20	"	c.m.	-	
FB 21	"	"	+	(Cultivo 7)
FB 22	s	s.m.	-	
FB 23	s	"	-	

p.c.c. : podredumbre cúbica castaña

s : material aparentemente sano

c.m. : con micelio

s.m. : sin micelio

DISCUSION

La morfología y anatomía del follaje, fuste y ramas de árboles sanos y enfermos no presentan diferencias entre sí, salvo un caso en el que se pudo observar una invasión desde el duramen hacia la albura en la parte basal del fuste de un individuo talado tiempo atrás (FB 20) con p.c.c y micelio.

El aparato radicular de casi todos los árboles enfermos muestra una podredumbre cúbica castaña en la madera. Dicha podredumbre está asociada a la presencia de micelio. Todos los micelios provenientes de material fresco como los de los cultivos puros, obtenidos de este material, son semejantes entre sí.

Las fructificaciones de las muestras (FB 15 y FB 20) asociadas con micelio vegetativo semejante al encontrado y descripto, tanto en material fresco como en cultivos puros, permite suponer que se trata de un Basidiomycetae resupinado con himenóforo liso, tratándose posiblemente de una Telephoraceae "sensu stricto". Aún queda por aclarar la ubicación sistemática del organismo aislado.

En resumen, se trataría de una infección producida por un hongo que invade las raíces y se extiende por la albura del fuste originando podredumbre cúbica castaña en las partes atacadas.

Este trabajo es el comienzo de un estudio que permitiría aclarar cómo se introdujo y cómo se disemina la enfermedad de los cipreses y qué condiciones ambientales sinergizan para que eclosione, teniendo en cuenta que aparentemente el A.chilensis no se halla en retroceso en las zonas no marginales (6).

Quedan pues por desarrollar varios puntos conducentes a una mejor comprensión de la sintomatología y finalmente poder estimar daños desde el punto de vista económico.

Una vez identificado el patógeno, interesará saber si se trata de una especie cosmopolita o si es específica del ciprés. Los pasos siguientes son: 1) Confirmar que la vía de penetración del patógeno son las raíces, lo que a esta altura casi parece obvio; 2) Determinar la forma en que penetra el patógeno, si existen o no agentes vectores, heridas o si se propaga de árbol a árbol a través de las raíces; 3) Iniciar un estudio anatómico y microbiológico acompañado de análisis químico de la madera afectada para saber si se trata de una sucesión de microorganismos o si es un solo organismo patógeno, lo suficientemente agresivo como para provocar la muerte del árbol.

En general los estudios realizados hasta el momento, fundamentalmente en latifoliadas (7) (10), demuestran la existencia de sucesiones de microorganismos en la degradación de madera de árboles en pie, con tres etapas fundamentales: a) una primera etapa iniciada por bacterias, Phycomycetes, Ascomycetes y Deuteromycetes, que serían los pioneros en el proceso pero que no participan de la degradación en sí; b) una segunda etapa en la que participan Basidiomycetes degradadores de madera y bacterias y c) una tercera etapa de la que toman parte casi exclusiva los Basidiomycetes acompañados por bacterias de distintos grupos que en el paso anterior (12). Aquí hacemos notar, nuevamente, la ausencia de otros grupos que no sean Basidiomycetes, en los aislamientos realizados.

Se destaca además que la mayoría de los ejemplares observados presentaban podredumbre de albura, lo cual no es frecuente. La albura es un tejido vivo, funcional (11) y ofrece por lo tanto una barrera casi siempre insalvable a los ataques fúngicos y bacterianos. De hecho, la mayor parte de podredumbres de árboles en pie se da en el duramen.

4) La recopilación y análisis de los datos meteorológicos de los últimos 30 años puede ser útil para correlacionar posibles cambios climáticos, especialmente en la precipitación, que afecten al ciprés.

5) Por último quedaría por estimar los daños, para lo cual se hará necesario un relevamiento aerofotogramétrico de la zona del ciprés y un inventario forestal.

BIBLIOGRAFIA

1. Tortorelli, Lucas A., Maderas y Bosques Argentinos, Ed. ACME, 1956.

2. Dimitri, Milán J., La región de los bosques andino-patagónicos, INTA, Tomo X, 1972.

3. Havrilenko, Demetrio, Comunicación personal.

4. Bettucci, Lina; Guerrero, Rosa T., Hongos xilófagos: Estudio de cultivos, Univ. de la Rep., Fac. de Agron., Montevideo, Uruguay, Boletín Nº 118, 1971.

5. Maertz and Paul, Dictionary of colors, Second Ed., 1950.

6. Rapoport, Eduardo H. y Drausal, Bárbara, Tácticos y estrategas r, K y "S o S", Fundación Bariloche, Recursos Naturales, 1974.

7. Avery, George, The dying oaks, Scientific American 196 (5), p. 112, 1957.

8. Shigo, Alex L., The death and decay of trees, Natural History 78 (3), p. 43-47, 1969.

9. Shigo, Alex L., & Sharon, E.N., Discoloration and Decay in Hardwoods Following inoculation with Hymenomycetes, Phytopathology 58 (11), p. 1493-1498, 1968.

10. Shigo, Alex L., Successions of organisms in Discoloration and Decay of Wood, Int. Rev. For, Res., Vol. 2, p. 237-299, 1967.

11. Kozlowski, T.T., Growth and Development of Trees, I y II, Academic Press, 1971.

12. Shigo, Alex L., & Hillis W.E., Heartwood, discolored wood and microorganisms in living trees, Ann. Rev. of Phyt., 11, 1973.